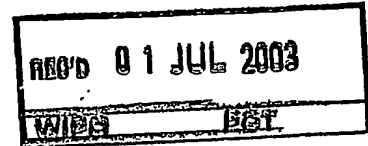


**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**10/517931**  
PCT / IB 0 3 / 0 2 2 1 0  
12 JUN 2003



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 26 511.9  
**Anmeldetag:** 14. Juni 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
Hamburg/DE  
**Bezeichnung:** MR-Anordnung mit Hochfrequenzspulenarrays  
**IPC:** G 01 R 33/32

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 20. März 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Wallner/



## BESCHREIBUNG

### MR-Anordnung mit Hochfrequenzspulenarrays

Die Erfindung betrifft eine Magnetresonanz-Anordnung (MR-Anordnung) für die MR-Bildgebung sowie ein Hochfrequenzspulenarray für ein Hochfrequenzspulensystem einer solchen MR-Anordnung, insbesondere für eine offene MR-Anordnung.

5 Eine solche offene MR-Anordnung ist aus der EP 1 059 539 A2 bekannt. Darin ist ein Ganzkörperhochfrequenzspulensystem beschrieben, das einen ersten und zweiten Hochfrequenzspulensatz aufweist, die um  $90^\circ$  phasenverschoben und an gegenüberliegenden Seiten des Untersuchungsbereichs angeordnet sind. Um ein rotierendes  $B_1$  Magnetfeld im Untersuchungsbereich zu erzeugen, werden die Hochfrequenzspulensätze mit einem Netzwerk mit fester Phasenbeziehung zwischen den einzelnen orthogonal angeordneten Teilsulen der Hochfrequenzspulensätze betrieben. Die beiden Hochfrequenzspulensätze sind also fest miteinander verdrahtet und werden mit fester Amplituden- und Phasenbeziehung betrieben.

15 Bei derartigen offenen MR-Anordnungen, die ein statisches Hauptmagnetfeld in vertikaler Richtung aufweisen, ist es grundsätzlich erforderlich, dass das Hochfrequenzspulensystem ein homogenes Hochfrequenzmagnetfeld erzeugt, welches orthogonal zu dem statischen Hauptmagnetfeld liegt. Eine Vielzahl von unterschiedlichen Hochfrequenzspulensystemen ist dazu vorgeschlagen worden, die, wie das in der EP 1 059 539 A2 beschriebene Hochfrequenzspulensystem, in der Lage sind, ein rotierendes Hochfrequenzmagnetfeld zu erzeugen. Zielrichtung derartiger Hochfrequenzspulensysteme war dabei immer, ein Hochfrequenzmagnetfeld mit bestmöglicher Homogenität im Untersuchungsbereich zu erzeugen. Derartige Hochfrequenzspulensysteme eignen sich jedoch nicht besonders für bei speziellen MR-Bildgebungen angewandte Techniken, wie beispielsweise das SENSE-Verfahren, da die Homogenität des Hochfrequenzmagnetfeldes fest vorgegeben ist und während einer MR-Datenerfassung bzw. zwischen MR-Datenerfassung(en) nicht interaktiv verändert und gesteuert werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine MR-Anordnung sowie ein Hochfrequenzspulenarray für ein Hochfrequenzspulensystem einer MR-Anordnung anzugeben, die eine Veränderung und Steuerung des Hochfrequenzfeldes, möglichst in zeitlicher und örtlicher Hinsicht, während einer MR-Datenerfassung ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine MR-Anordnung gemäß Anspruch 1 mit

- einem offenen Hauptfeldmagneten mit zwei an gegenüberliegenden Seiten eines Untersuchungsbereichs angeordneten Hauptfeldmagnetpolen zur Erzeugung eines magnetischen Hauptfeldes,
- einer Gradientenspulenarray mit mehreren Gradientenspulen zur Erzeugung von magnetischen Gradientenfeldern,
- einer Hochfrequenzspulensystem zum Senden und/oder Empfangen von Hochfrequenzsignalen mit zwei planaren, an gegenüberliegenden Seiten des Untersuchungsbereichs angeordneten Hochfrequenzspulenarrays, wobei jedes Hochfrequenzspulenarray mindestens zwei voneinander entkoppelte, mit jeweils einem Kanal einer Sende/Empfangseinheit verbundene Hochfrequenzspulen aufweist,
- einer Sende/Empfangseinheit mit jeweils einem Kanal für eine Hochfrequenzspule des Hochfrequenzspulensystems, wobei im Sendebetrieb jede Hochfrequenzspule gesondert ansteuerbar ist,
- einer Steuereinheit zur Steuerung der MR-Bildgebung und
- einer Verarbeitungseinheit zur Verarbeitung empfangener MR-Signale.

- Ein entsprechendes planares Hochfrequenzspulenarray für ein Hochfrequenzspulensystem einer solchen MR-Anordnung ist in Anspruch 9 angegeben.

Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, die einzelnen Hochfrequenzspulen der Hochfrequenzspulenarrays nicht fest miteinander zu verdrahten und mit einer festen Amplituden- und Phasenbeziehung zu betreiben, sondern jede einzelne Hochfrequenz-

- spule mit einem separaten Kanal einer Sende-/Empfangseinheit zu verbinden, um somit jede Hochfrequenzspule getrennt ansteuern zu können. Jeder Hochfrequenzspule kann somit ein gesonderter Anregungspuls – im Sendebetrieb – zugeführt werden, und das von jeder Hochfrequenzspule empfangene MR-Signal – im Empfangsmodus – kann ge-
- 5 sondert ausgewertet werden. Jedes Hochfrequenzspulenarray weist mindestens zwei derartige Hochfrequenzspulen auf, die jeweils voneinander entkoppelt sind, wobei die Hochfrequenzspulenarrays planar ausgebildet sind und an gegenüberliegenden Seiten des Untersuchungsbereichs angeordnet sind.
- 10 In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Hochfrequenzspulenarrays selbst auch voneinander entkoppelt sind. Dies ist insbesondere für Ausgestaltungen der Hochfrequenzspulenarrays, wie sie in den Ansprüchen 4 und 6 angegeben sind, erforderlich. Gemäß dieser bevorzugten Ausgestaltungen sind die Hochfrequenzspulen entweder
- 15 gestaltungen, wie beispielsweise der bevorzugten Ausgestaltung nach Anspruch 5, wonach die Hochfrequenzspulen durch Flächenantennen, insbesondere rechteckige Flächenantennen, gebildet sind, kann eine derartige Entkopplung der Hochfrequenzspulenarrays voneinander entfallen, insbesondere wenn die einzelnen Flächenantennen eine nur geringe Fläche aufweisen.
- 20 Zur Entkopplung der einzelnen Hochfrequenzspulen voneinander sind verschiedene Möglichkeiten denkbar. Bevorzugte und einfache Maßnahmen sind in Anspruch 3 angegeben.
- 25 Die Hochfrequenzspulen eines Hochfrequenzspulenarrays können, wie in Anspruch 7 angegeben ist, entweder auf einer einzigen Platine oder auf zwei Platinen angeordnet sein, wobei in letztem Falle auch die Mittel zur Entkopplung der einzelnen Hochfrequenzspulen voneinander in das Hochfrequenzspulenarray mit integriert sind, beispielsweise indem auf einer ersten Platine die Hochfrequenzspulen und auf einer zweiten Plati-
- 30 ne die Entkopplungsmittel angeordnet sind.

- Dadurch, dass mit der MR-Anordnung gemäß der vorliegenden Erfindung ein rotieren-  
des Hochfrequenzmagnetfeld erzeugt werden kann, das in allen drei Raumrichtungen  
beliebig eingestellt werden kann, eignet sich die Erfindung bevorzugt zur Anwendung bei  
neuen Verfahren zur MR-Bildgebung, insbesondere für verbesserte und schnelle MR-  
5 Bildgebungsverfahren. So kann die Erfindung beispielsweise eingesetzt werden, wenn  
eine aktive Hochfrequenzsteuerung erforderlich ist, bei der MR-Bildgebung nach dem  
SENSE-Verfahren, wenn eine lokale Vorsättigung erforderlich ist oder bei einer Rück-  
kopplungssteuerung der Hochfrequenzhomogenität aufgrund mechanischer Veränderun-  
gen während einer MR-Datenerfassung. Hinsichtlich des SENSE-Verfahrens wird hier-  
10 mit Bezug genommen auf die Veröffentlichung von K. Prüssmann „SENSE: Sensitivity  
Encoding for Fast MRI“, Magnetic Resonance in Medicine 42:952-962 (1999), in der  
dieses Verfahren eingehend erläutert ist. Das SENSE-Verfahren zum Senden von Signa-  
len ist beschrieben in ISMRM 2002, Hawai, Honolulu, S. 189, „Theory and experimen-  
tal verification of transmit SENSE“. Beim Transmit-SENSE werden zeitabhängige Wel-  
15 lenformen und räumliche Sensitivitäten für eine Verkürzung von multidimensionalen RF-  
Pulsen verwendet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen MR-Anordnung,  
20 Fig. 2 eine erste Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hochfrequenzspulen-  
arrays,  
Fig. 3 eine zweite Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hochfrequenzspu-  
lenarrays,  
Fig. 4 eine einzelne Flächenantenne des Hochfrequenzspulenarrays gemäß  
25 Fig. 3,  
Fig. 5 eine dritte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hochfrequenzspulen-  
arrays,  
Fig. 6 eine einzelne Hochfrequenzspule eines Hochfrequenzspulenarrays gemäß  
Fig. 5,

Fig. 7a, b eine vierte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hochfrequenzspulenarrays,

Fig. 8a, b zwei Ausgestaltungen zur Entkopplung zweier Spulen und

Fig. 9a-e weitere Möglichkeiten zur Entkopplung von Spulen.

5

Fig. 1 zeigt schematisch eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen MR-Anordnung zur Erstellung von MR-Bildern des in einem Untersuchungsbereich angeordneten Teils eines Patienten 1. Der Patient 1 ist in einem offenen Raum 2 zwischen zwei Hauptfeldmagnetpolen 3, 4 eines Hauptfeldmagneten angeordnet. Der Hauptfeldmagnet weist ferner eine erste und zweite Ausgleichsscheibe 5, 6 auf, die zusammen mit den Hauptfeldmagnetpolen 3, 4 ein homogenes statisches Magnetfeld  $B_0$  im Untersuchungsbereich zwischen den Hauptfeldmagnetpolen 3, 4 in der Zeichnung vertikaler Richtung erzeugen. Weiter ist ein Gradientenspulensystem 7, 8 mit mehreren Gradientenspulen zur Erzeugung magnetischer Gradientenfelder im Untersuchungsbereich vorgesehen. Zur Erzeugung eines magnetischen Hochfrequenzfeldes  $B_1$  in im Wesentlichen senkrechter Richtung zu dem statischen Hauptmagnetfeld  $B_0$  ist ein Hochfrequenzspulensystem mit zwei Hochfrequenzspulenarrays 9, 10 vorgesehen. Jedes dieser Hochfrequenzspulenarrays 9, 10 umfasst mindestens zwei Hochfrequenzspulen, die sowohl als Sendespulen zur Anregung des Untersuchungsbereichs als auch als Empfangsspulen zum Empfang von MR-Signalen aus dem Untersuchungsbereich arbeiten können. Hochfrequenzabschirmungen 11, 12 zwischen dem benachbarten Hochfrequenzspulenarray 9 bzw. 10 und den auf der anderen Seite benachbarten Gradientenspulen 7 bzw. 8 verhindern eine Einkopplung des magnetischen Hochfrequenzfeldes  $B_1$  in die Gradientenspulen 7, 8.

25 Zur Ansteuerung der einzelnen Hochfrequenzspulen der Hochfrequenzspulenarrays 9, 10 im Sendebetrieb bzw. zum Empfang der von den einzelnen Hochfrequenzspulen empfangenen MR-Signale ist eine Sende-/Empfangseinheit 13 vorgesehen. Die Sende-/Empfangseinheit 13 weist dabei n voneinander abhängig steuerbare Sendekanäle auf, um Phase, Amplitude und Pulsform des Anregungssignals zu steuern. Außerdem sind n voneinander unabhängige Empfangskanäle zum Empfangen von MR-Signalen vorgesehen. Die

30

Verarbeitung empfangener MR-Signale und die Erzeugung gewünschter MR-Bilder erfolgt durch eine Verarbeitungseinheit 14. Die Steuerung der Sende-/ Empfangseinheit 13, der Verarbeitungseinheit 14 und der verschiedenen Spulensysteme, die über einen Träger 16 miteinander gekoppelt und daran angebracht sind, erfolgt mittels einer Steuerungseinheit 15. Weitere Details der grundsätzlichen Ausgestaltung einer solchen MR-Anordnung sowie der grundsätzlichen Funktionsweise einer solchen MR-Anordnung sind allgemein bekannt und sollen deshalb an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden.

Bei der gezeigten erfindungsgemäßen Ausgestaltung der MR-Anordnung weist jedes Hochfrequenzspulenarray 9, 10 mindestens zwei Hochfrequenzspulen auf, die voneinander entkoppelt sind. Jede dieser Spulen ist getrennt über einen separaten Kanal 17 mit der Sende-/Empfangseinheit 13 (im allgemeinen einem n-Kanal Spektrometer) verbunden und kann somit separat angesteuert werden. Bei der gezeigten Ausgestaltung sind für jedes Hochfrequenzspulenarray 9, 10 vier Kanäle 17 vorgesehen, so dass jedes Hochfrequenzspulenarray vier Hochfrequenzspulen aufweisen kann. Zusätzlich sind die Hochfrequenzspulenarrays 9, 10 durch Entkopplungsleitungen 18 voneinander entkoppelt. Mit einer derartigen Ausgestaltung kann die Homogenität des Hochfrequenzfeldes  $B_1$  in allen drei Raumrichtungen optimal gesteuert werden während der MR-Datenerfassung und Anregung, so dass verschiedene Anwendungen möglich sind, beispielsweise quadraturhomogen, quadratur-Synergie/SENSE, Sende-/Empfangs-SENSE.

Fig. 2 zeigt eine erste Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hochfrequenzspulenarrays, das bei einer MR-Anordnung gemäß Fig. 1 eingesetzt werden kann. Dieses planare Antennenarray weist mehrere Streifenantennen 20, 21 auf, die jeweils an ihren Enden mittels Kapazitäten C geerdet sind. In der gezeigten Ausführungsform sind jeweils drei in der Zeichenebene horizontal verlaufende Streifenantennen 20 und drei senkrecht dazu verlaufende Streifenantennen 21 vorgesehen. Zur magnetischen Entkopplung der einzelnen Streifenantennen 20, 21 voneinander sind jeweils zwischen den Enden zweier benachbarter Streifenantennen Entkopplungskapazitäten  $C_K$  vorgesehen.

Eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hochfrequenzarrays ist in Fig. 3 gezeigt. Dieses planare Hochfrequenzarray weist eine Anzahl von individuellen planaren Flächenantennen 30 auf, die rasterförmig, beispielsweise auf einer einzigen Leiterplatte, z.B. auf einem PCB-Substrat, angeordnet sind. Zur Entkopplung der einzelnen Flächenantennen 30 voneinander sind wiederum Entkopplungskapazitäten  $C_K$  vorgesehen, insbesondere in der in Fig. 3 gezeigten Weise. Durch Berechnung der Matrixelemente  $M_{ij}$  und durch Benutzung entsprechender Kapazitätswerte für diese Entkopplungskapazitäten  $C_K$  kann somit die intrinsische magnetische Kopplung zwischen den Flächenantennen 30 unterdrückt werden. Da die Flächen der einzelnen Flächenantennen 30 verhältnismäßig klein sind, ist jedoch bei Verwendung derartiger Hochfrequenzspulenarrays bei der MR-Anordnung gemäß Fig. 1 keine Entkopplung zwischen einem oberen und unteren Hochfrequenzspulenarray erforderlich.

Die Verbindungspunkte der einzelnen Flächenantennen 30 mit dem jeweils zugeordneten Kanal der Sende-/Empfangseinheit sind in Fig. 3 mit Bezugszeichen 31 bis 39 bezeichnet. Eine einzelne Flächenspule, wie sie bei dem Hochfrequenzspulenarray gemäß Fig. 3 eingesetzt werden kann, ist in Fig. 4 näher gezeigt. Dieses weist an jeder Seite eine gegen Masse gelegte Entkopplungskapazität  $C_K$  auf, über die es mit weiteren Flächenspulen 30 verbunden werden kann. Außerdem sind zwei Eingänge A, B vorgesehen zur Ankopplung an die Sende-/Empfangseinheit, um ein zirkulares Drehfeld zu erzeugen.

Fig. 5 zeigt schematisch eine dritte Ausgestaltung eines Hochfrequenzspulenarrays gemäß der Erfindung. Dieses umfasst eine Anzahl von rasterförmig angeordneten Butterfly-Spulen 40, die somit ein zweidimensionales Raster ergeben. Im vorliegenden Fall sind 16 Butterfly-Spulen vorgesehen, so dass für ein derartiges Hochfrequenzspulenarray auch 16 Kanäle der Sende-/Empfangseinheit vorgesehen sein müssten. Eine einzelne Butterfly-Spule 40 ist in Fig. 6 gezeigt. Auch diese weist zwei Eingänge A, B auf zur unterschiedlichen Ansteuerung, d.h. zur Ansteuerung mit unterschiedlicher Amplitude, Phase und/oder Pulsform im Sendebetrieb.



Fig. 7a, b zeigen jeweils eine Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hochfrequenzspulenarrays, welches jeweils ein zweilagiges Design aufweist. Fig. 7a zeigt ein Hochfrequenzspulenarray mit drei Hochfrequenzspulen 50, 51, 52, die mittels jeweils zweier Entkopplungskapazitäten  $C_K$  gegen Masse entkoppelt sind. Die Einkopplung bzw. Auskopplung von Signalen erfolgt an den drei Eingängen IN1a, IN2a, IN3a. Ein ähnliches Hochfrequenzspulenarray mit drei Hochfrequenzspulen 53, 54, 55 ist in Fig. 7b gezeigt, wobei dort die Hochfrequenzspulen 53, 54, 55 um  $90^\circ$  in der Zeichenebene gedreht angeordnet sind. Die Einkopplung bzw. Auskopplung von Signalen erfolgt dort an den Anschlüssen IN1b, IN2b, IN3b. Das in Fig. 7a gezeigte Hochfrequenzspulenarray kann beispielsweise als das obere Hochfrequenzspulenarray (9 in Fig. 1) und das in Fig. 7b gezeigte Hochfrequenzspulenarray als unteres Hochfrequenzspulenarray (10 in Fig. 1) verwendet werden. Die überlagerten Hochfrequenzfelder dieser Hochfrequenzspulenarrays ergeben dann eine rotierende Hochfrequenzkomponente, die in allen drei Raumrichtungen beliebig geformt werden kann.

15

Fig. 8 zeigt zwei Möglichkeiten zur Entkopplung zweier Spulen. In Fig. 8a sind zwei Spulen 60, 61 bzw. deren Ersatzschaltbilder bestehend aus einem Widerstand  $R$ , einer Kapazität  $C$  und einer idealen Spule  $L$  gezeigt, die über den Kopplungsfaktor  $M$  miteinander verkoppelt sind. Zur Entkopplung der Spulen 60, 61 voneinander ist dabei ein Transformator  $T$  vorgesehen, dessen Wicklungen  $T1$  und  $T2$  einen entgegengesetzten Wicklungssinn aufweisen und somit die Spulen voneinander entkoppeln.

20

Alternativ ist in Fig. 8b zur Entkopplung der beiden Spulen 60, 61 eine Entkopplungskapazität  $C_K$  vorgesehen, deren Wert so gewählt sein soll, dass gilt:  $1/(\omega C_K) = \omega M$ .

25

Weitere verschiedene Möglichkeiten zur Entkopplung, wie sie insbesondere zur Entkopplung der einzelnen Hochfrequenzspulen innerhalb eines Hochfrequenzspulenarrays eingesetzt werden, sind in Fig. 9 gezeigt. Fig. 9a zeigt ein Hochfrequenzkabel 70 in der Form eines Koaxialkabels der Länge  $\lambda/2$ , an dessen Ende die zu entkoppelnden Spulen angeschlossen werden. Fig. 9b zeigt zwei Hochfrequenzkabel 71, 72 jeweils der Länge

30

$\lambda/4$ , zwischen denen eine Spule L gegen Masse geschaltet ist. Fig. 9c zeigt zwei Hochfrequenzkabel 73, 74 unterschiedlicher Länge, zwischen denen eine Impedanztransformationsschaltung 75 angeordnet ist. Fig. 9d zeigt ein Hochfrequenzkabel der Länge 76, an dessen einem Ende eine Impedanztransformationsschaltung 77 angeschlossen ist. Fig. 9e zeigt die Entkopplung mittels eines Transformators 78. Es sei angemerkt, dass die in den Fig. 8 und 9 gezeigten Entkopplungsmöglichkeiten bevorzugte Ausgestaltungen sind, dass jedoch grundsätzlich auch andere Möglichkeiten zur Entkopplung einzelner Hochfrequenzspulen voneinander bzw. der Hochfrequenzspulenarrays voneinander eingesetzt werden können.

10

Erfindungsgemäß kann auch ein MR-Hochfrequenzverstärker verwendet werden, der bevorzugt n Eingänge und n Ausgänge in einem gemeinsamen Rack aufweist. Ferner können zwischen den Spulen und den Verstärkern jeweils Zirkulatoren vorgesehen sein, um Rückwirkungen auf die Verstärker zu unterdrücken.

15

Erfindungsgemäß wird somit erreicht, dass das magnetische Hochfrequenzfeld  $B_1$  hinsichtlich des Feldprofils beliebig, auch während der MR-Datenaquisition, eingestellt werden kann. Somit können mit der erfindungsgemäßen MR-Anordnung neue Verfahren und Techniken zur MR-Bildgebung angewendet werden.

20

25

PATENTANSPRÜCHE

## 1. MR-Anordnung für die MR-Bildgebung mit

- einem offenen Hauptfeldmagneten mit zwei an gegenüberliegenden Seiten eines Untersuchungsbereichs angeordneten Hauptfeldmagnetpolen zur Erzeugung eines magnetischen Hauptfeldes,
- 5 - einem Gradientenspulensystem mit mehreren Gradientenspulen zur Erzeugung von magnetischen Gradientenfeldern,
- einem Hochfrequenzspulensystem zum Senden und/oder Empfangen von Hochfrequenzsignalen mit zwei planaren, an gegenüberliegenden Seiten des Untersuchungsbereichs angeordneten Hochfrequenzspulenarrays, wobei jedes Hochfrequenzspulenarray
- 10 mindestens zwei voneinander entkoppelte, mit jeweils einem Kanal einer Sende-/ Empfangseinheit verbundene Hochfrequenzspulen aufweist,
- einer Sende-/Empfangseinheit mit jeweils einem Kanal für eine Hochfrequenzspule des Hochfrequenzspulensystems, wobei im Sendebetrieb jede Hochfrequenzspule gesondert ansteuerbar ist,
- 15 - einer Steuereinheit zur Steuerung der MR-Bildgebung und
- einer Verarbeitungseinheit zur Verarbeitung empfangener MR-Signale.

## 2. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 dass die zwei Hochfrequenzspulenarrays voneinander entkoppelt sind.

3. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Entkopplung der einzelnen Hochfrequenzspulen des jeweiligen Hochfrequenzspulenarrays Hochfrequenzkabel, insbesondere der Länge  $\lambda/2$  oder  $\lambda/4$ , Kapazitäten, Impedanzschaltungen und/oder Transformatoren vorgesehen sind.

4. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Hochfrequenzspulen durch planare resonante Leiter gebildet sind und dass die Hochfrequenzspulenarrays mehrere zueinander senkrecht angeordnete Streifen aufweisen.

5. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Hochfrequenzspulen durch Flächenantennen, insbesondere rechteckige Flächenantennen gebildet sind.

6. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Hochfrequenzspulen durch Butterflyspulen gebildet sind.

7. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Hochfrequenzspulen jeweils eines Hochfrequenzspulenarrays auf einer einzigen Platine oder auf zwei Platinen, wobei dann die Mittel zur Entkopplung der einzelnen Hochfrequenzspulen integriert sind, angeordnet sind.

8. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinheit ausgebildet ist zur Steuerung der MR-Anordnung zur Durchführung der MR-Bildgebung nach dem SENSE-Verfahren, zur aktiven Hochfrequenzsteuerung, zur lokalen Vorsättigung, zum parallelen Senden und Empfangen von Signalen  
5 und/oder zur Rückkopplungssteuerung der Hochfrequenzhomogenität.

9. MR-Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass die Sende-/Empfangseinheit n unabhängig voneinander steuerbare Sendekanäle zur Steuerung von Amplitude, Phase und Pulsform der Anregungsimpulse aufweist.

10. Planares Hochfrequenzspulenarray für ein Hochfrequenzspulensystem einer MR-Anordnung nach Anspruch 1 zur Anordnung an gegenüberliegenden Seiten des Untersuchungsbereichs und zum Senden und/oder Empfangen von Hochfrequenzsignalen mit  
15 mindestens zwei voneinander entkoppelten Hochfrequenzspulen, wobei jede Hochfrequenzspule mit jeweils einem Kanal einer Sende/Empfangseinheit der MR-Anordnung verbindbar ist und wobei im Sendebetrieb jede Hochfrequenzspule gesondert ansteuerbar ist.

20

25

ZUSAMMENFASSUNG

## MR-Anordnung mit Hochfrequenzspulenarrays

Die Erfindung betrifft eine offene MR-Anordnung, bei der das magnetische Hochfrequenzfeld hinsichtlich seines Feldprofils beliebig eingestellt werden soll. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass ein Hochfrequenzspulensystem zum Senden und/oder Empfangen von Hochfrequenzsignalen vorgesehen ist, welches zwei planare, an gegenüberliegenden Seiten des Untersuchungsbereichs angeordnete Hochfrequenzspulenarrays aufweist, wobei jedes Hochfrequenzspulenarray mindestens zwei voneinander entkoppelte, mit jeweils einem Kanal einer Sende-/Empfangseinheit verbundene Hochfrequenzspulen aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem ein entsprechendes planares Hochfrequenzspulenarray.

Fig. 1

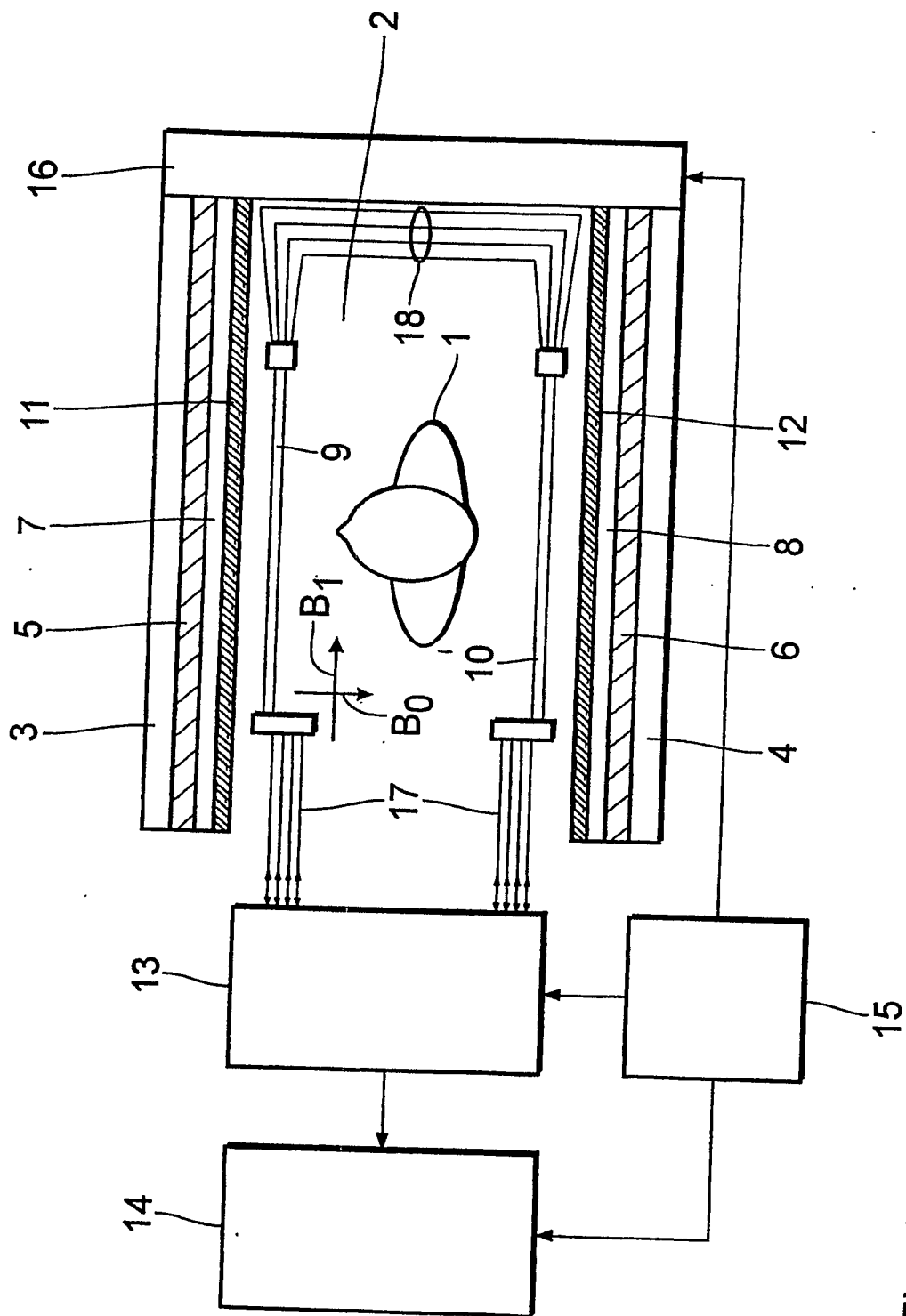


Fig. 1

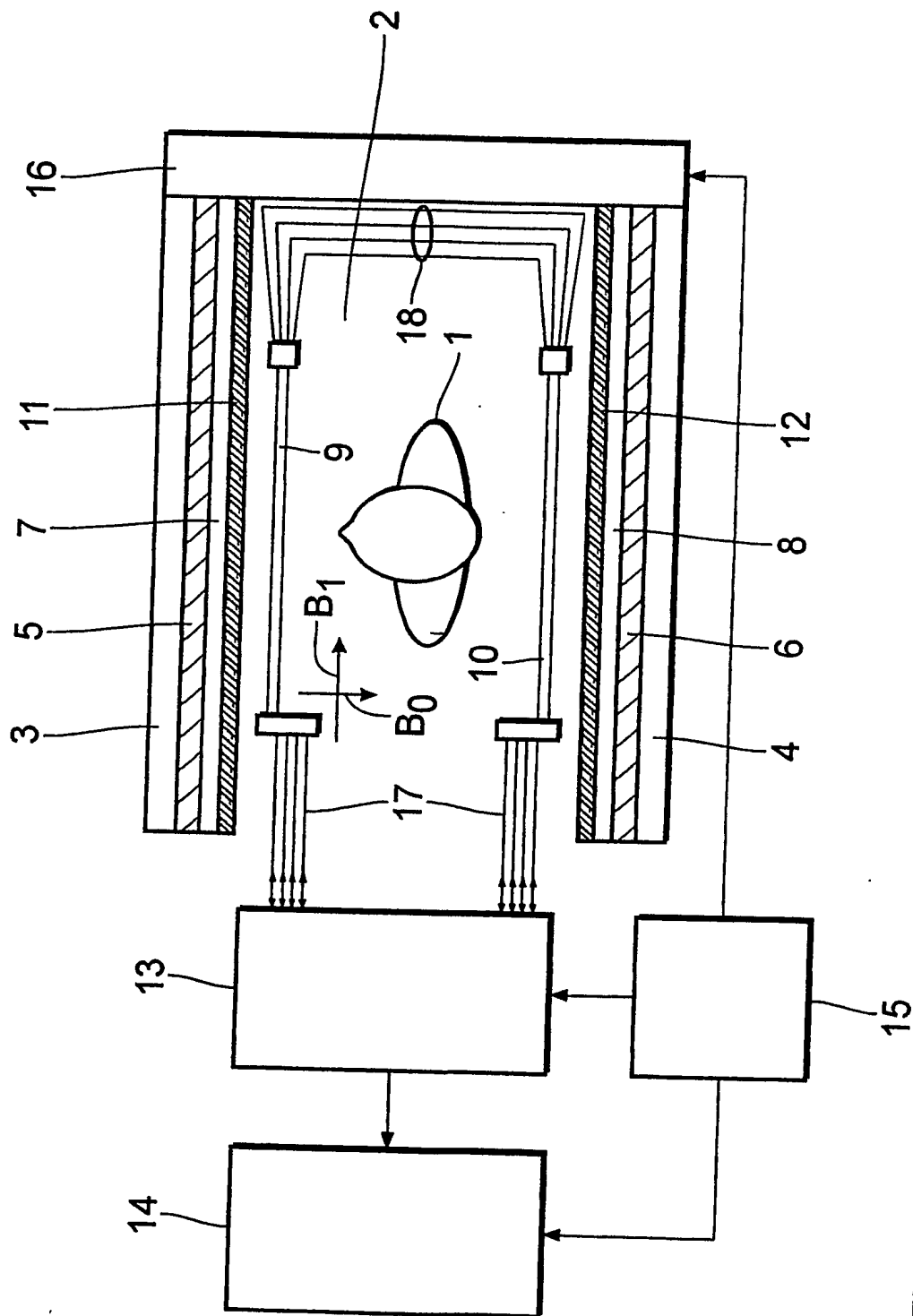


Fig. 1



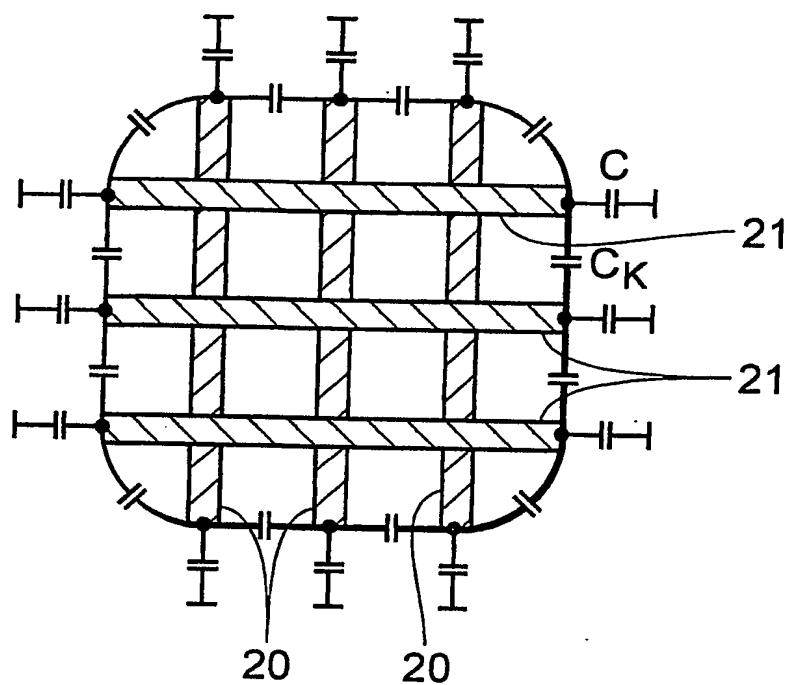
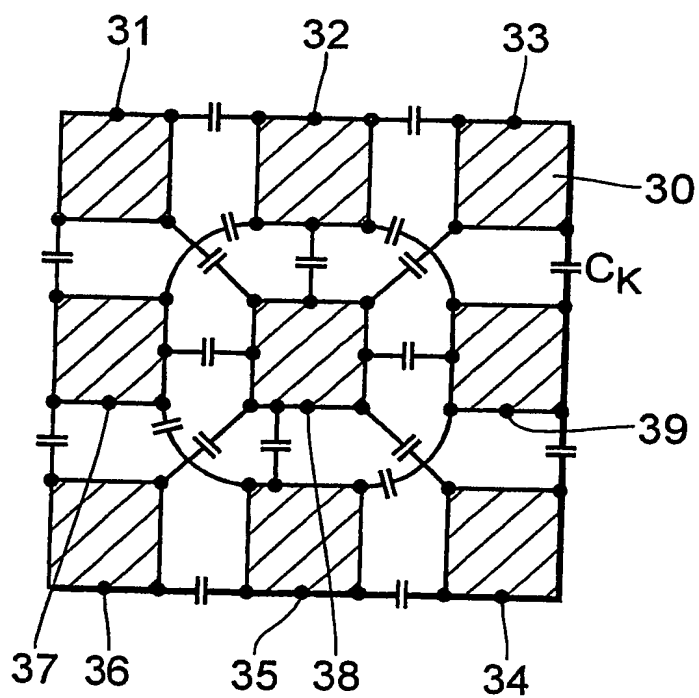


Fig. 2



**Fig. 3**

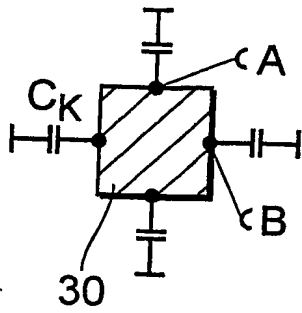


Fig. 4

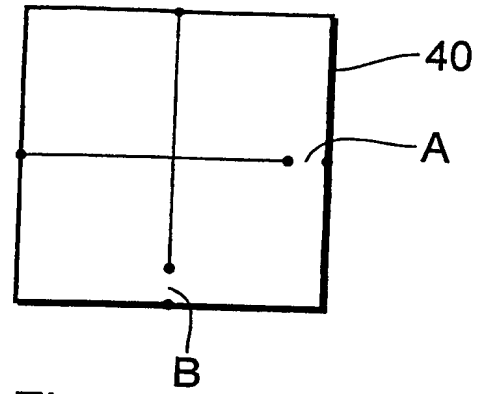


Fig. 6

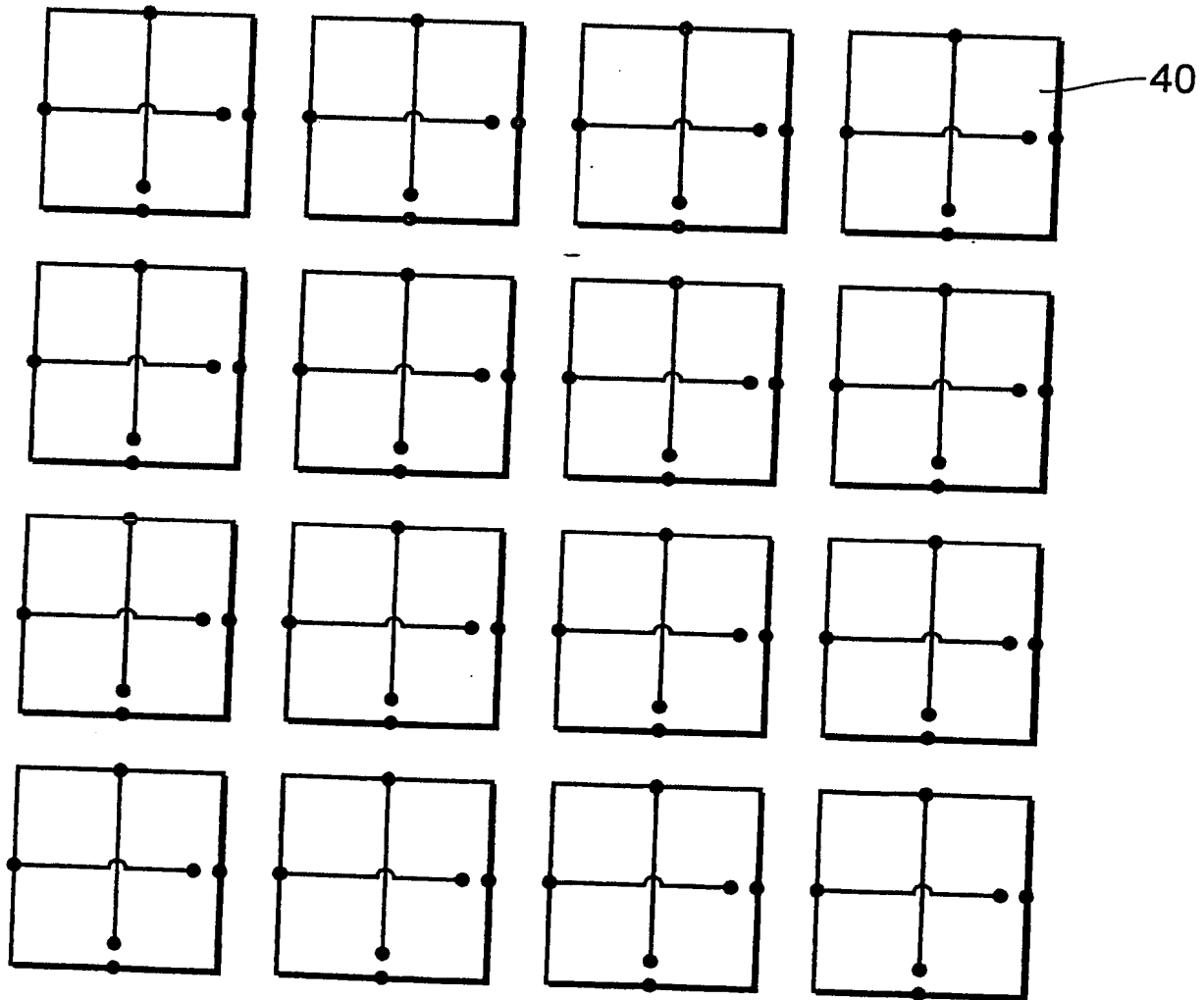


Fig. 5

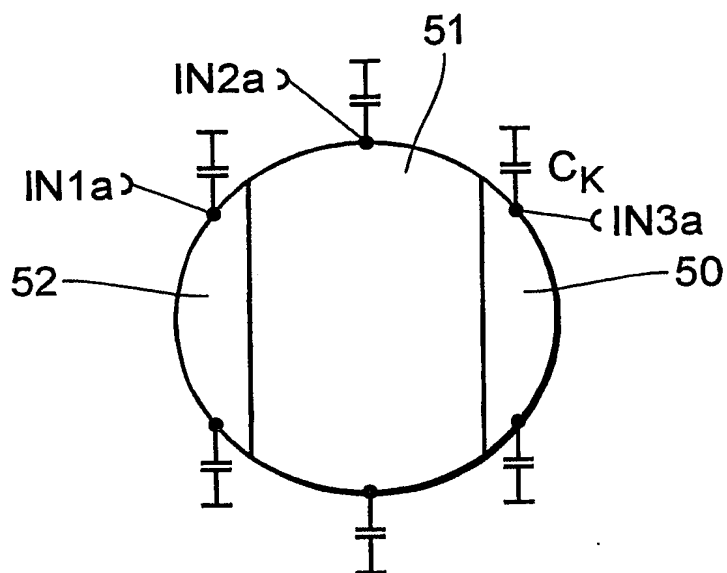


Fig. 7a

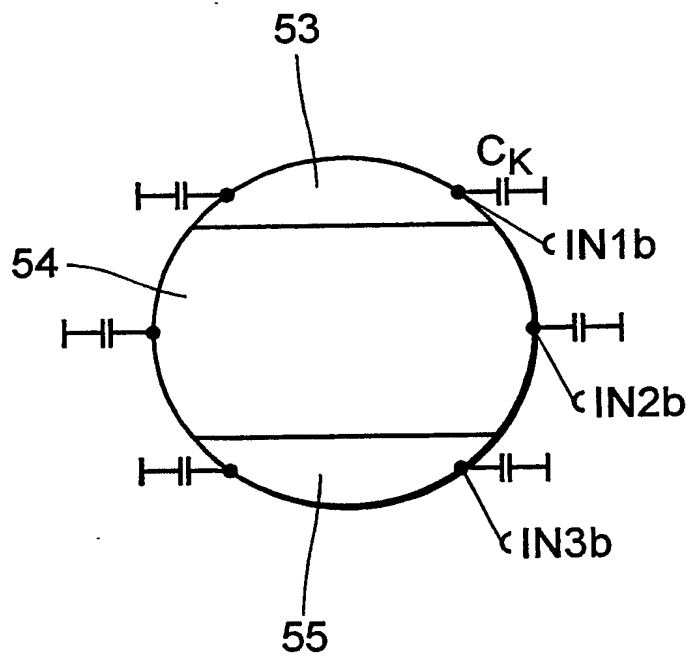


Fig. 7b

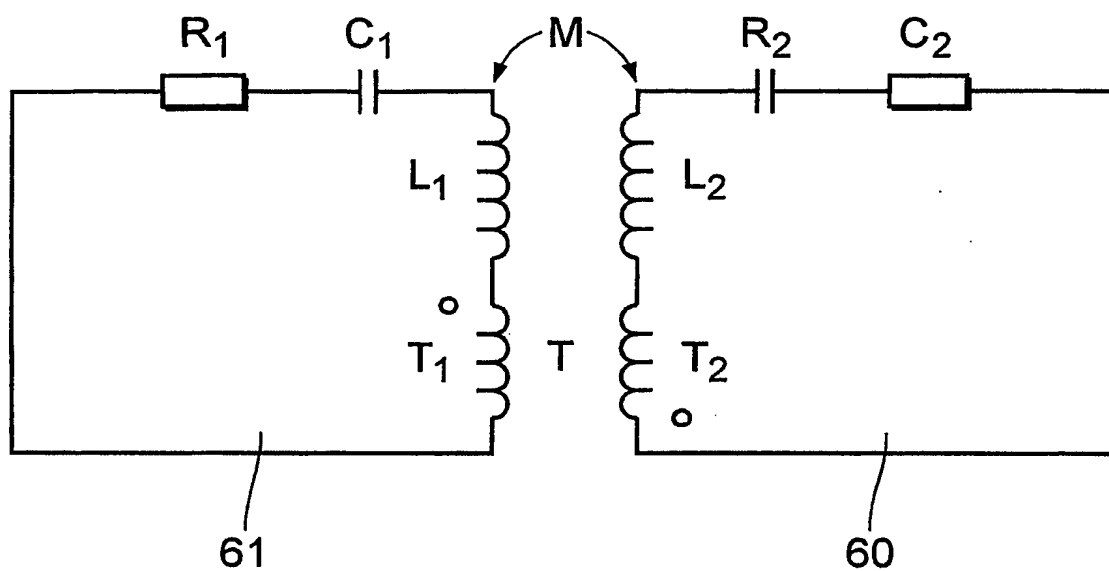


Fig. 8a

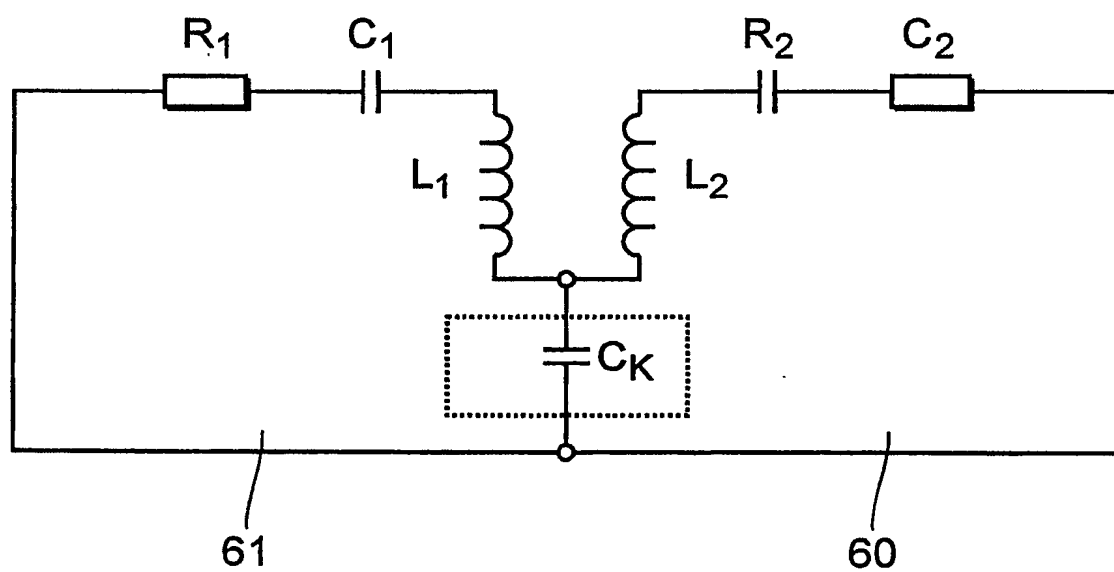


Fig. 8b

6/6

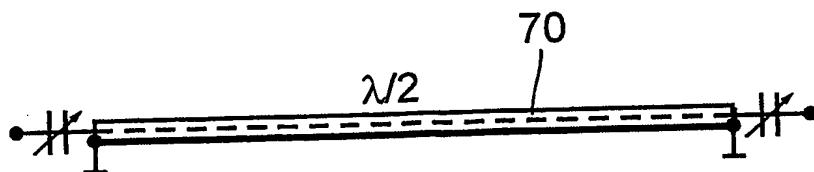


Fig. 9a

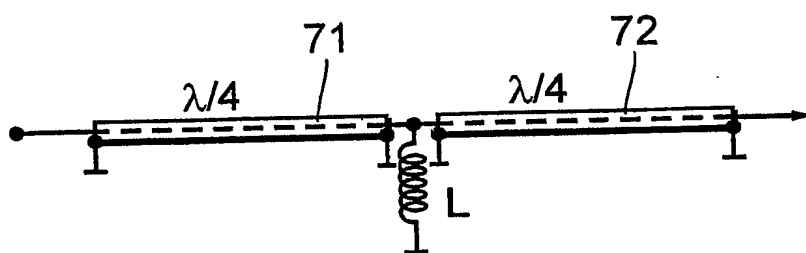


Fig. 9b

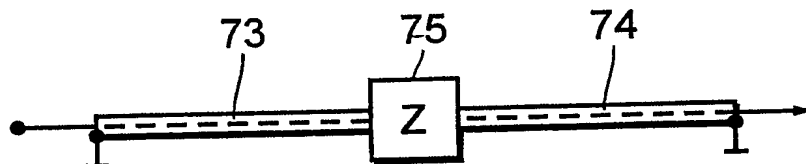


Fig. 9c

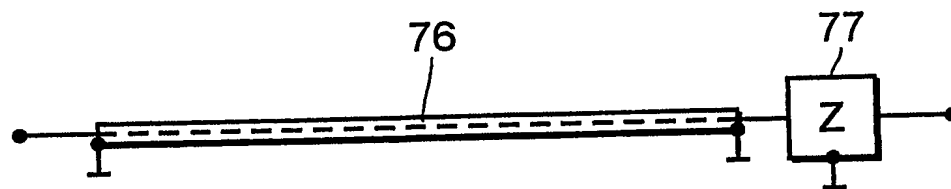


Fig. 9d

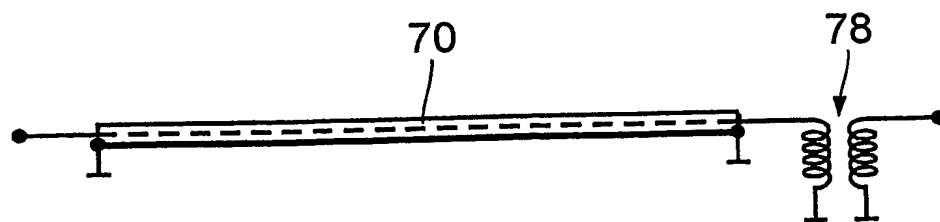


Fig. 9e